




Method and controller for creating and optimizing flexible, top-quality cam-disk functions directly via the control program/user program

Patent number: DE10065422
Publication date: 2002-07-18
Inventor: JOST GUNTER (DE); HEBER TINO (DE); HUEFNER HOLGER (DE); KRAM RAIMUND (DE)
Applicant: SIEMENS AG (DE)
Classification:
- **international:** G05B19/41
- **europaean:**
Application number: DE20001065422 20001227
Priority number(s): DE20001065422 20001227

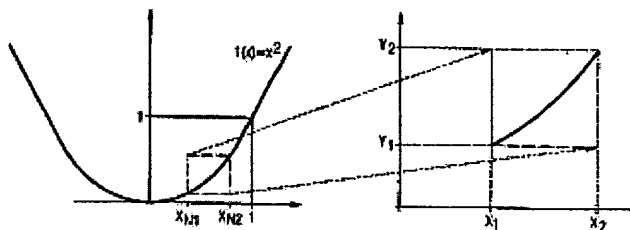
Also published as:

 EP1220069 (A1)
 US6701210 (B2)
 US2003078692 (A1)

Abstract not available for DE10065422

Abstract of correspondent: **US2003078692**

For this purpose, a movement of a moving machine element is described in sections by a cam-disk function ($f(x)$), by virtue of the fact that individual consecutive movement sections ($x_1 \dots x_n$) are defined by segments (B) and/or points (A), and interpolation is carried out between such movement sections according to a prescribable interpolation rule (C), instructions being provided for prescribing and/or for inserting points, segments and interpolation rules in the operating time system of the controller. In order to define segments (B), use is made of a combination of a polynomial having at least a polynomial degree of six and a sinusoidal function as trigonometric component. The laws of motion for cam mechanisms can thereby be implemented directly in accordance with VDI 2143. Linear connections (c1) or cubic splines (c2) or Bezier splines serve as interpolation rule for connection between consecutive movement sections. Parameters can be derived directly from a machining process. There is no need for an additional computer system outside the controller in order to create and optimize cam-disk functions





Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 220 069 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.07.2002 Patentblatt 2002/27

(51) Int Cl.7: **G05B 19/18**

(21) Anmeldenummer: **01129880.9**

(22) Anmeldetag: **14.12.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Heber, Tino, Dr.**
9599 Freiberg (DE)
• **Hüfner, Holger**
9116 Chemnitz (DE)
• **Jost, Gunter**
9573 Augustusburg (DE)
• **Kram, Raimund**
91056 Erlangen (DE)

(30) Priorität: **27.12.2000 DE 10065422**

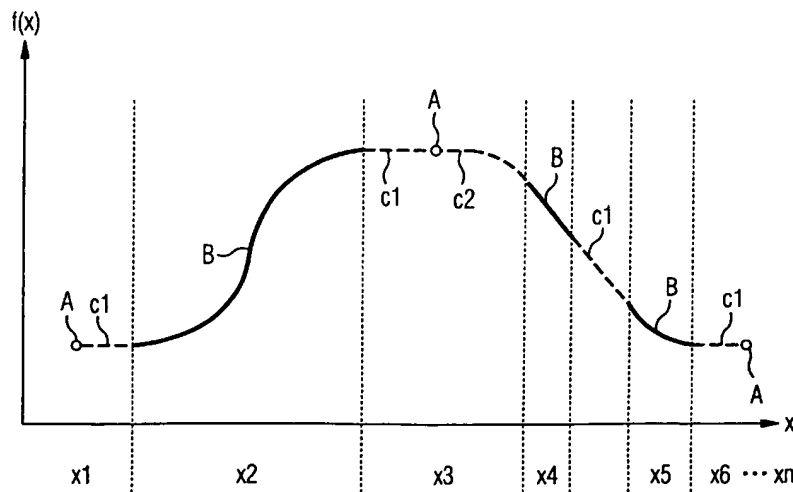
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

(54) **Verfahren zur Erstellung flexibler Kurvenscheibenfunktionen über das Steuerungs- oder Anwenderprogramm**

(57) Dazu wird eine Bewegung eines bewegbaren Maschinenelementes durch eine Kurvenscheibenfunktion ($f(x)$) abschnittsweise beschrieben, indem einzelne aufeinanderfolgende Bewegungsabschnitte ($x_1 \dots x_n$) durch Segmente (B) und/oder Punkte (A) definiert werden und zwischen solchen Bewegungsabschnitten nach einer vorgebbaren Interpolationsvorschrift (C) interpoliert wird, wobei Befehle zur Vorgabe und/oder zum Einfügen von Punkten, Segmenten und Interpolationsvorschriften im Laufzeitsystem der Steuerung bereitgestellt werden. Zur Definition von Segmenten (B) wird ei-

ne Kombination aus einem Polynom mit mindestens Polynomgrad sechs und einer Sinus-Funktion als trigonometrischem Anteil verwendet. Damit sind die Bewegungsgesetze für Kurvengetriebe entsprechend VDI 2143 direkt umsetzbar. Als Interpolationsvorschrift zur Verbindung zwischen aufeinanderfolgenden Bewegungsabschnitten dienen lineare Verbindungen (c1) oder kubische Splines (c2) oder Bezier-Splines. Parameter lassen sich direkt aus einem Bearbeitungsprozess ableiten. Ein zusätzliches Rechnersystem außerhalb der Steuerung ist zur Erstellung und Optimierung von Kurvenscheibenfunktionen nicht erforderlich.

FIG 1



EP 1 220 069 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erstellung und/oder Optimierung einer Kurvenscheibenfunktion zur Steuerung eines bewegbaren Maschinenelementes einer numerisch gesteuerten Produktionsmaschine oder dergleichen im Laufzeitsystem der Maschine sowie eine entsprechende Steuerung für eine solche Maschine.

[0002] Herkömmlich werden Kurven zur Steuerung von Maschinenelementen von Produktionsmaschinen wie Verpackungsmaschinen, Textilmaschinen und dergleichen außerhalb der Steuerung auf einem separaten Rechnersystem erstellt oder es werden vorbereitete Profile aufgerufen oder diese über Punkte oder einfache Polynomfunktionen online programmiert. Bei externer Erstellung werden die Kurven auf einem Tool erstellt und in die Steuerung dieser Maschinen, z.B. als speicherintensive Stützpunktabelle, geladen. Bei einer Online-Erstellung werden Punktelisten erstellt, vorbereitete Profile verwendet, oder über einfache Polynomfunktionen Polynomzüge erstellt.

[0003] Ein Nachteil einer solchen Vorgehensweise besteht nunmehr zum einen darin, dass im Laufzeitsystem der Steuerung der Maschine keine wesentlichen Änderungen dieser Kurvenscheibenfunktionen vorgenommen werden können. Vielmehr bedarf es einer erneuten externen Erstellung unter Berücksichtigung gewünschter Änderungen auf dem separaten Rechnersystem, bevor dann erneut eine Übertragung in die Steuerung der Produktionsmaschine erfolgt. Zum anderen können in der Steuerung bisher nur einfache vorbereitete Profile / Polygonzüge erstellt werden.

[0004] Der Maschinenhersteller stattet seine Produktionsmaschine mit einer fest vorgegebenen Funktionalität aus, die der Anwender parametrieren kann, oder die sich über entsprechende, vom Maschinenhersteller implementierte Algorithmen dem Produktionsprozess anpassen kann. Für die Erstellung dieser Maschinenprogramme benötigt der Maschinenhersteller einen Zusatzrechner. Dies hat zur Folge, dass ein Maschinenhersteller in der Regel auch einen externen Zusatzrechner benötigt, um die Funktionalität einer Produktionsmaschine anzupassen oder zu erweitern. Insbesondere fehlt bisher eine Möglichkeit zur Erstellung oder Optimierung von flexiblen, hochwertigen Kurvenscheibenfunktionen, die die Bewegung eines Maschinenelementes der Produktionsmaschine vorgeben, an der Maschine selbst.

[0005] Dies schränkt die Flexibilität unerwünschterweise ein und verhindert die Online-Erstellung hochwertiger, zusammengesetzter Kurvenscheibenfunktionen.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Möglichkeit zur Programmierung und Optimierung von hochwertigen, zusammengesetzten Kurvenscheibenfunktionen über das Anwenderprogramm zu schaffen.

[0007] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird diese Aufgabe gelöst, indem das eingangs genannte Verfahren dadurch weitergebildet wird, dass eine Bewegung des Maschinenelementes durch die Kurvenscheibenfunktion abschnittsweise beschrieben wird, indem einzelne aufeinanderfolgende Bewegungsabschnitte durch Segmente und/oder Punkte definiert werden und zwischen solchen Bewegungsabschnitten nach einer vorgebbaren Interpolationsvorschrift interpoliert wird, wobei Befehle zur Vorgabe und/oder zum Einfügen von Punkten, Segmenten und Interpolationsvorschriften zur Laufzeit bereitgestellt werden.

[0008] Ferner wird die Aufgabe durch eine Steuerung für ein bewegbares Maschinenelement einer industriellen Produktionsmaschine oder dergleichen gelöst, wobei

- im Laufzeitsystem der Steuerung über entsprechende Steuerungsbefehle zur Erstellung und/oder Optimierung einer Kurvenscheibenfunktion eine Bewegung des Maschinenelementes durch die Kurvenscheibenfunktion abschnittsweise beschreibbar ist, indem
- einzelne aufeinanderfolgende Bewegungsabschnitte durch Segmente und/oder Punkte definierbar sind und
- zwischen solchen Bewegungsabschnitten nach einer vorgebbaren Interpolationsvorschrift interpolierbar ist, wobei
- Steuerungsbefehle zur Vorgabe und/oder zum Einfügen von Punkten, Segmenten und Interpolationsvorschriften zur Laufzeit vorgesehen sind.

[0009] Sowohl für das Verfahren als auch für die Steuerung nach der Erfindung hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn Segmente durch eine Kombination aus einem Polynom und einem trigonometrischen Anteil vorgegeben werden.

[0010] Besonders günstig hat sich hierbei eine Kombination aus einem Polynom mit einem Polynomgrad von mindestens sechs und einer Sinus-Funktion als trigonometrischem Anteil zur Definition von Segmenten erwiesen.

[0011] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung verwenden als Interpolationsvorschrift zur Verbindung zwischen aufeinanderfolgenden Bewegungsabschnitten lineare Verbindungen oder kubische Splines oder Bezier-Splines. Solche Splines setzen sich stückweise aus Polynomen zusammen.

[0012] Um die in normierter Form vorliegenden Bewegungsgesetze der VDI-Norm 2143 nutzen zu können, werden die Polynomsegmente allgemeingültig in normierter Form abgelegt und ergänzende Parameter bezüglich der jeweiligen tatsächlichen Ausdehnung für beide Achskoordinaten zugewiesen.

[0013] Weiter hat es sich als günstig erwiesen, wenn das Verhalten an den Rändern der Kurvenscheibenfunktion über Kriterien bezüglich der Stetigkeit von der Position und/oder der Geschwindigkeit und/oder der Beschleunigung des Maschinenelementes vorgegeben wird.

[0014] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind Skalierungsbereiche und dazugehörige Skalierungsfaktoren für diese Bereiche direkt im Anwenderprogramm vorgebar. Die Skalierungsbereiche können, brauchen aber nicht mit den Segmentdefinitionen überein zu stimmen.

[0015] Wenn die Parameter zur Definition der Kurvenscheibenfunktion direkt aus einem Produktionsprozess der Maschine abgeleitet werden, dann lässt sich durch die Erfindung eine prozessadaptive Kurvenscheibengenerierung erreichen.

[0016] Um neue Kurven definieren zu können, kann bei einer weiteren vorteilhaften Ausführung der Erfindung zur Vorbereitung einer Neudefinition einer Kurvenscheibenfunktion eine bestehende Kurvenscheibenfunktion im Laufzeitsystem zurückgesetzt werden.

[0017] Eine auf diese Weise erfindungsgemäß erzeugte bzw. optimierte Kurve liegt als Abbildung im Speicher der Steuerung vor und kann nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung für einen Gleichlauf herangezogen werden, indem eine Folgeachse des bewegbaren Maschinenelementes zu dessen Steuerung entsprechend der definierten Kurvenscheibenfunktion einer zugeordneten Leitachse des Maschinenelementes folgt.

[0018] Mit der Erfindung kann somit der Speicherplatzbedarf in der Steuerung für Anwendungsprogramme und Anwenderdaten gegenüber herkömmlich abgelegten umfangreichen Tabellen wesentlich verringert werden. Außerdem wird die Flexibilität einer mit der Erfindung ausgerüsteten Produktionsmaschine entscheidend verbessert, indem die Funktionalität an der Maschine selbst verändert oder vergrößert werden kann. Dies erhöht zusätzlich die Wirtschaftlichkeit der Maschine.

[0019] Weitere Vorteile und Details der Erfindung ergeben sich anhand der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels und in Verbindung mit den Figuren. Es zeigen in Prinzipdarstellung:

FIG 1 eine Kurvenscheibenfunktion bestehend aus mehreren durch Interpolation verbundenen Bewegungsabschnitten,

FIG 2 eine Gegenüberstellung eines Segmentes einer Kurve in Normalform und dessen Abbildung nach einer Transformation und

FIG 3 eine Prinzipskizze der von einer Maschinen-Steuerung gemäß der Erfindung berücksichtigten Parameter.

[0020] Gemäß der Erfindung wird eine Kurvenscheibenfunktion, im Laufzeitsystem der numerischen Steuerung einer Maschine über eine Programmierungsmöglichkeit mit Hilfe speziell bereitgestellter Befehle im Anwenderprogramm erstellt. Dadurch wird ein externer Zusatzrechner speziell zur Erstellung von Kurvenscheibenfunktionen nicht mehr unmittelbar benötigt, um in ein Kurvenscheibenfunktionsprofil einer bestehenden Automatisierungslösung einzugreifen. Es ist so möglich, eine hochwertige, zusammengesetzte Kurvenscheibenfunktion mit den im folgenden näher beschriebenen neuen Befehlen im Anwenderprogramm neu zu erstellen.

[0021] Dazu werden Kurvenscheibenfunktionen $y = f(x)$ aus mehreren Funktionen zusammengesetzt, die segmentweise vorgegeben werden. Dazu wird die von einem bewegbaren Maschinenelement zu beschreibende Bewegung in einzelne aufeinanderfolgende Segmentabschnitte x_1 bis x_n aufgelöst. Diese Segmentabschnitte werden nun durch Funktionen beschrieben, die aus Einzelpunkten A oder Segmenten B vorgebar sind.

[0022] Zwischen solchen Punkten A oder Segmenten B wird dann zur Verbindung einzelner Bewegungsabschnitte x_1 bis x_n ein Interpolationssegment definiert, indem eine Interpolationsvorschrift C vorgegeben wird. Diese kann wahlweise eine lineare Verbindung c_1 oder eine Verbindung über kubische Splines c_2 oder Bezier-Splines herstellen.

[0023] Die FIG 1 zeigt ein Beispiel einer solchermaßen generierten Kurvenscheibenfunktion $f(x)$ über den in Bewegungsabschnitte x_1 bis x_6 unterteilten Weg x , die sich aus Einzelpunkten A und Segmenten B zusammensetzt, welche über Interpolationssegmente c_1 und c_2 verbunden sind. Die Interpolationssegmente sind dabei willkürlich, sofern vorhanden, den Bewegungsabschnitten mit Einzelpunkten A zugeordnet.

[0024] Der den Einzelpunkt A von Bewegungsabschnitt x_1 mit dem Polynomsegment B des Bewegungsabschnitts x_2 verbindende Interpolationsabschnitt beschreibt eine lineare Verbindung c_1 . In Bewegungsabschnitt x_3 schließt sich ein weiterer Einzelpunkt A an, welcher ebenfalls über einen linearen Interpolationsabschnitt c_1 mit dem Polynomsegment B aus x_2 verbunden ist. In Abschnitt x_4 schließt sich ein lineares Segment B an, das über einen kubischen Spline c_2 mit dem Einzelpunkt A aus x_3 und über eine weitere gerade Interpolationsverbindung c_1 mit einem weiteren kubischen Spline B in Bewegungsabschnitt x_5 verbunden ist. Der Bewegungsabschnitt x_5 ist ebenfalls über eine lineare Interpolationsverbindung c_1 mit einem weiteren Einzelpunkt A in dem Bewegungsabschnitt x_6 verbunden.

[0025] Dieser Kurvenverlauf stellt somit eine exemplarische Kurvenscheibenfunktion $f(x)$ dar, die über entsprechende Befehle im Laufzeitsystem einer Maschinen-Steuerung erstellt, ergänzt oder optimiert werden kann. Solche Befehle sind beispielsweise

A: `_addPointToCam()`
 B: `_addSegmentToCam()`
 C: `_interpolateCam()`

D: _setCamScale()
E: _resetCam()

und werden im Anwenderprogramm programmiert, welches dann beim Download compiliert wird. Zusätzlich ist das Verhalten an den Kurvenrändern über Kriterien bezüglich der Stetigkeit von beispielsweise der Position, der Geschwindigkeit oder der Beschleunigung des bewegbaren Maschinenelementes vorgebar.

[0026] Kurvenscheibenfunktionen bzw. deren Kurvensegmente werden als Funktionen beschrieben, die aus Polynomen bis zum Polynomgrad 6 oder höher und einem trigonometrischen Anteil, insbesondere einer zusammengesetzten trigonometrischen Sinus-Funktion, bestehen entsprechend der folgenden Berechnungsvorschrift

$$y = \sum_{n=0}^6 (A_n \cdot x^n) + B \cdot \sin(C \cdot x + D) . \quad (1)$$

[0027] Die Faktoren A bis D sind dabei nicht mit den im vorangehenden verwendeten Bezugszeichen für die Befehle für Einzelpunkte, Segmente und Interpolationsvorschriften etc. zu verwechseln.

[0028] Damit wird unter anderem erreicht, dass die Übergänge nach der VDI-Richtlinie 2143 "Bewegungsgesetze für Kurvengetriebe" abgebildet bzw. realisiert werden können. In der VDI-Richtlinie 2143 sind optimierte Bewegungsgesetze für Kurvenscheibengetriebe angegeben, die für die Bewegungen bei solchen Maschinen optimal sind.

[0029] Dabei ist es günstig, die Darstellung, wie in FIG 1 gezeigt, in die auf 1 normierte Normalform zu bringen entsprechend

$$\{f(p); p \in [0, 1], f \in [0, 1]\}. \quad (2)$$

[0030] Die Darstellung in FIG 2 veranschaulicht diese Transformation mit Hilfe von zwei gegenübergestellten Koordinatensystemen. Die linke Darstellung zeigt eine Kurvenscheibenfunktion $f(x) = x^2$ mit dem entsprechenden Segment in Normalform im ersten Quadranten des Koordinatensystems. Zur Beschreibung eines entsprechenden Bewegungsabschnitts wird nur der Bereich zwischen XN1 und XN2 benötigt.

[0031] Die durch die voranstehend beschriebene Transformation entstehende Darstellung ist in dem rechten Koordinatensystem gezeigt. Die gestrichelten Pfeile deuten diese Transformation an. Dort ist der entsprechend gekennzeichnete Ausschnitt im Bereich von X1, Y1 und X2, Y2 abgebildet. Über zusätzliche Parameter wird einem solchen Segment B seine tatsächliche Ausdehnung in beiden Achskoordinaten X und Y (Definitions- und Wertebereich) zugewiesen.

[0032] Neben der Erstellung solcher Kurvenscheibenfunktionen direkt im Anwenderprogramm lassen sich auch weitere Befehle zum Definieren von Skalierungsbereichen direkt im Laufzeitsystem bereitstellen. So dient ein weiterer Befehl der Steuerung zum Skalieren der Gesamtkurve $f(x)$ oder von einzelnen Kurvenbereichen. Auch lassen sich Skalierungsfaktoren für diese Bereiche direkt im Laufzeitsystem vorgeben, ebenso Befehle zur Definition von Offset-Werten für den Definitionsbereich und den Wertebereich.

[0033] Weitere Befehle dienen der Aktivierung oder Deaktivierung einer Kurvenscheibe in einer Gleichlauffunktion, in der eine Folgeachse eines bewegbaren Maschinenelementes dessen zugeordneter Leitachse entsprechend der definierten Kurvenscheibenfunktion $f(x)$ folgt.

[0034] Ein zusätzliches Rechnersystem außerhalb der Steuerung ist mit obiger Funktionalität gemäß der vorliegenden Erfindung für die Erstellung von Kurven zur Definition des Bewegungsverlaufes eines Maschinenelementes somit nicht mehr erforderlich. Eine Parametervorgabe zur Kurvendefinition ist über einfache Bediensysteme der Steuerung selbst möglich.

[0035] Als weiterer Vorteil der Erfindung erschließt sich die Möglichkeit einer Parametervorgabe oder Parameterableitung direkt aus einem laufenden Prozess, z.B. einem Produktionsprozess einer Produktionsmaschine. Kurvenscheibenfunktionen $f(x)$ können so direkt dem Prozess angepasst werden, indem über die vorangehend dargestellten Befehle und aus dem Prozess abgeleiteten Parametern die Kurvenscheibenfunktion adaptiert wird. Eine solche prozessadaptive Kurvenscheibenfunktionsgenerierung und Kurvenscheibenfunktionsoptimierung ohne Zusatzrechner eröffnet neue Möglichkeiten im Hinblick auf die Produktivität und Flexibilität von mit solchen Steuerungen gemäß der Erfindung ausgerüsteten Produktionsmaschinen. So wird es zum Beispiel möglich, auf Verschleißerscheinungen wie beispielsweise Loseffekte durch eine adaptive Anpassung der zugrunde liegenden Kurvenscheibenfunktion mit den im vorangehenden geschilderten Befehlen zu reagieren.

[0036] Die FIG 3 veranschaulicht diese Möglichkeiten anhand einer Maschinen-Steuerung S einer beliebigen Produktionsmaschine mit der im vorangehenden geschilderten Funktionalität und den bei einer Kurvenscheibenerstellung

direkt im Laufzeitsystem der Steuerung zu berücksichtigenden Parametern. Eine solche Maschinen-Steuerung verfügt unter anderem über einen Interpolator und kann direkt Bewegungsbefehle ausführen. Die Steuerung verarbeitet Parameter aus dem Bearbeitungsprozess P selbst, über ein Bediensystem B vorgegebene Befehle und die von der Maschine und deren konstruktivem Aufbau selbst vorgegebenen Achskriterien K des bewegbaren Maschinenelementes.

[0037] Entsprechende Kurvenerstellungsprogramme können durch den Maschinenhersteller in Form eines parametrisierbaren Automatisierungsprogramms in der Steuerung S in Bibliotheken abgelegt werden, indem der Maschinenhersteller den Ablauf an seiner Maschine programmiert und dem Endanwender der Produktionsmaschine dann über ein Bedienfeld Eingabemasken zur Verfügung stellt, mit denen dieser Produktionsparameter und Optimierungsparameter eingeben kann, die dann im Anwenderprogramm des Maschinenherstellers ausgewertet und der Prozess und die Bewegung der Maschine optimiert werden können.

[0038] Damit sind dann die Eigenschaften einer Bibliotheksfunktion für die online erstellbaren Kurvenscheiben $f(x_1 \dots x_n)$ nutzbar. Über die Anwendungsprogramme können damit komplexe Kurvenscheibenfunktionen $f(x)$ entsprechend den vorliegenden online-Parametern im Laufzeitsystem erstellt und optimiert werden, mit denen ein optimaler Bewegungsgleichlauf zwischen Achsen, z.B. zwischen einer Hauptachse und Folgeachsen einer Produktionsmaschine, erzeugt werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erstellung und/oder Optimierung einer Kurvenscheibenfunktion zur Steuerung eines bewegbaren Maschinenelementes einer numerisch gesteuerten Produktionsmaschine oder dergleichen im Laufzeitsystem der Maschine, wobei eine Bewegung (x) des Maschinenelementes durch die Kurvenscheibenfunktion ($f(x)$) abschnittsweise beschrieben wird, indem einzelne aufeinanderfolgende Bewegungsabschnitte ($x_1 \dots x_n$) durch Segmente (B) und/oder Punkte (A) definiert werden und zwischen solchen Bewegungsabschnitten nach einer vorgebbaren Interpolationsvorschrift (C) interpoliert wird, wobei Befehle zur Vorgabe und/oder zum Einfügen von Punkten (A), Segmenten (B) und Interpolationsvorschriften (C) zur Laufzeit bereitgestellt werden.
2. Verfahren zur Erstellung und/oder Optimierung einer Kurvenscheibenfunktion nach Anspruch 1, wobei Segmente (B) durch eine Kombination aus einem Polynom und einem trigonometrischen Anteil vorgegeben werden.
3. Verfahren zur Erstellung und/oder Optimierung einer Kurvenscheibenfunktion nach Anspruch 2, wobei eine Kombination aus einem Polynom mit mindestens Polynomgrad sechs und einer Sinus-Funktion als trigonometrischem Anteil zur Definition von Segmenten (B) verwendet wird.
4. Verfahren zur Erstellung und/oder Optimierung einer Kurvenscheibenfunktion nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei als Interpolationsvorschrift (C) eine lineare Verbindung (c_1) zwischen aufeinanderfolgenden Bewegungsabschnitten ($x_1 \dots x_n$) vorgegeben wird.
5. Verfahren zur Erstellung und/oder Optimierung einer Kurvenscheibenfunktion nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei als Interpolationsvorschrift (C) zur Verbindung zwischen aufeinanderfolgenden Bewegungsabschnitten ($x_1 \dots x_n$) kubische Splines (c_2) vorgegeben werden.
6. Verfahren zur Erstellung und/oder Optimierung einer Kurvenscheibenfunktion nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei als Interpolationsvorschrift (C) zur Verbindung zwischen aufeinanderfolgenden Bewegungsabschnitten ($x_1 \dots x_n$) Bezier-Splines vorgegeben werden.
7. Verfahren zur Erstellung und/oder Optimierung einer Kurvenscheibenfunktion nach einem der vorangehenden Ansprüche 2 bis 6, wobei Polynomsegmente ($f(p)$) allgemeingültig in normierter Form (XN1, XN2) abgelegt werden und ergänzende Parameter bezüglich der jeweiligen tatsächlichen Ausdehnung für beide Achskoordinaten (X1, X2; Y1, Y2) zugewiesen werden.
8. Verfahren zur Erstellung und/oder Optimierung einer Kurvenscheibenfunktion nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Verhalten an den Rändern der Kurvenscheibenfunktion ($f(x)$) über Kriterien bezüglich der Stetigkeit von der Position und/oder der Geschwindigkeit und/oder der Beschleunigung des Maschinenelementes vorgegeben wird.
9. Verfahren zur Erstellung und/oder Optimierung einer Kurvenscheibenfunktion nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei Skalierungsbereiche (D) und Skalierungsfaktoren für diese Bereiche im Steuerungsprogramm

der Maschine zur Laufzeit vorgegeben werden.

10. Verfahren zur Erstellung und/oder Optimierung einer Kurvenscheibenfunktion nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei Parameter zur Definition der Kurvenscheibenfunktion ($f(x)$) direkt aus einem Bearbeitungsprozess der Maschine abgeleitet werden.
11. Verfahren zur Erstellung und/oder Optimierung einer Kurvenscheibenfunktion nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zur Vorbereitung einer Neudefinition einer Kurvenscheibenfunktion ($f(x)$) eine bestehende Kurvenscheibenfunktion im Laufzeitsystem zurückgesetzt (E) wird.
12. Steuerung (S) für ein bewegbares Maschinenelement einer industriellen Produktionsmaschine oder dergleichen, wobei
 - im Laufzeitsystem der Steuerung über entsprechende Steuerungsbefehle zur Erstellung und/oder Optimierung einer Kurvenscheibenfunktion ($f(x)$) eine Bewegung (x) des Maschinenelementes durch die Kurvenscheibenfunktion ($f(x)$) abschnittsweise beschreibbar ist, indem
 - einzelne aufeinanderfolgende Bewegungsabschnitte ($x_1...x_n$) durch Segmente (B) und/oder Punkte (A) definierbar sind und
 - zwischen solchen Bewegungsabschnitten nach einer vorgebbaren Interpolationsvorschrift (C) interpolierbar ist, wobei
 - Steuerungsbefehle zur Vorgabe und/oder zum Einfügen von Punkten (A), Segmenten (B) und Interpolationsvorschriften (C) zur Laufzeit vorgesehen sind.
13. Steuerung nach Anspruch 12, wobei ein Rechenmittel vorgesehen ist, das zur Bestimmung von Segmenten (B) durch eine Kombination aus einem Polynom und einem trigonometrischen Anteil dient.
14. Steuerung nach Anspruch 13, wobei das Rechenmittel zur Definition eines Segmentes (B) ein Polynom mit mindestens Polynomgrad sechs mit einer Sinus-Funktion als trigonometrischem Anteil verknüpft.
15. Steuerung nach Anspruch 12, 13 oder 14, wobei durch das Rechenmittel zwischen aufeinanderfolgenden Bewegungsabschnitten ($x_1...x_n$) eine lineare Verbindung (c1) interpolierbar ist.
16. Steuerung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, wobei durch das Rechenmittel zwischen aufeinanderfolgenden Bewegungsabschnitten ($x_1...x_n$) mittels kubischen Splines (c2) interpolierbar ist.
17. Steuerung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, wobei durch das Rechenmittel zwischen aufeinanderfolgenden Bewegungsabschnitten ($x_1...x_n$) mittels Bezier-Splines interpolierbar ist.
18. Steuerung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, wobei Polynomsegmente ($f(p)$) in der Steuerung allgemeingültig in normierter Form (XN1, XN2) zusammen mit ergänzenden Parametern bezüglich der jeweiligen tatsächlichen Ausdehnung für beide Achskoordinaten (X1, X2; Y1, Y2) speicherbar sind.
19. Steuerung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, wobei der Steuerung im Laufzeitsystem das Verhalten an den Rändern der Kurvenscheibenfunktion ($f(x)$) über Kriterien bezüglich der Stetigkeit von der Position und/oder der Geschwindigkeit und/oder der Beschleunigung des Maschinenelementes vorgebar ist.
20. Steuerung nach einem der Ansprüche 12 bis 19, wobei der Steuerung im Laufzeitsystem Skalierungsbereiche (D) und Skalierungsfaktoren für diese Bereiche im Laufzeitsystem der Maschine vorgebar sind.
21. Steuerung nach einem der Ansprüche 12 bis 20, wobei die Parameter zur Definition der Kurvenscheibenfunktion ($f(x)$) zur Laufzeit direkt aus einem aktuellen Bearbeitungsprozess (P) ableitbar und so direkt im Steuerprogramm bildbar sind oder über eine Bedieneinheit (B) vorgebar sind.
22. Steuerung nach einem der Ansprüche 12 bis 21, wobei in der Steuerung zur Vorbereitung einer Neudefinition einer Kurvenscheibenfunktion ($f(x)$) eine bestehende Kurvenscheibenfunktion im Laufzeitsystem zurücksetzbar (E) ist.
23. Steuerung nach einem der Ansprüche 12 bis 22, wobei eine Folgeachse des bewegbaren Maschinenelementes zu dessen Steuerung entsprechend der definierten Kurvenscheibenfunktion ($f(x)$) einer zugeordneten Leitachse

des Maschinenelementes folgt.

5

10

15

20

25

30

35

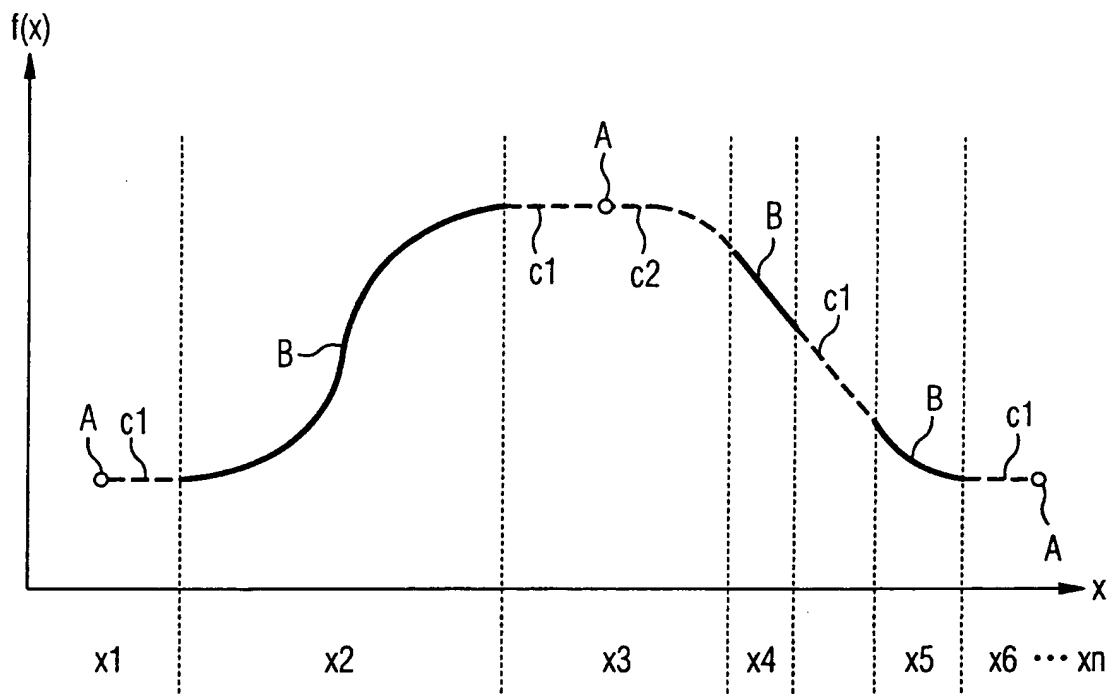
40

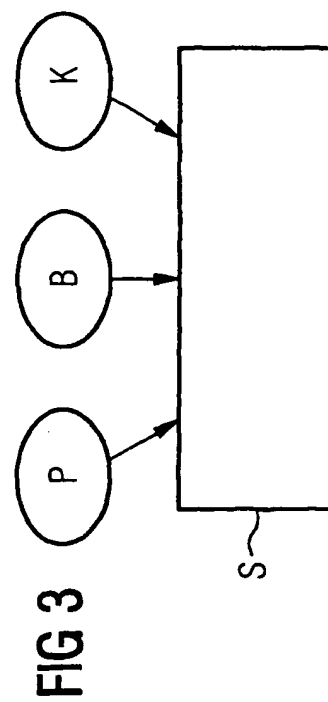
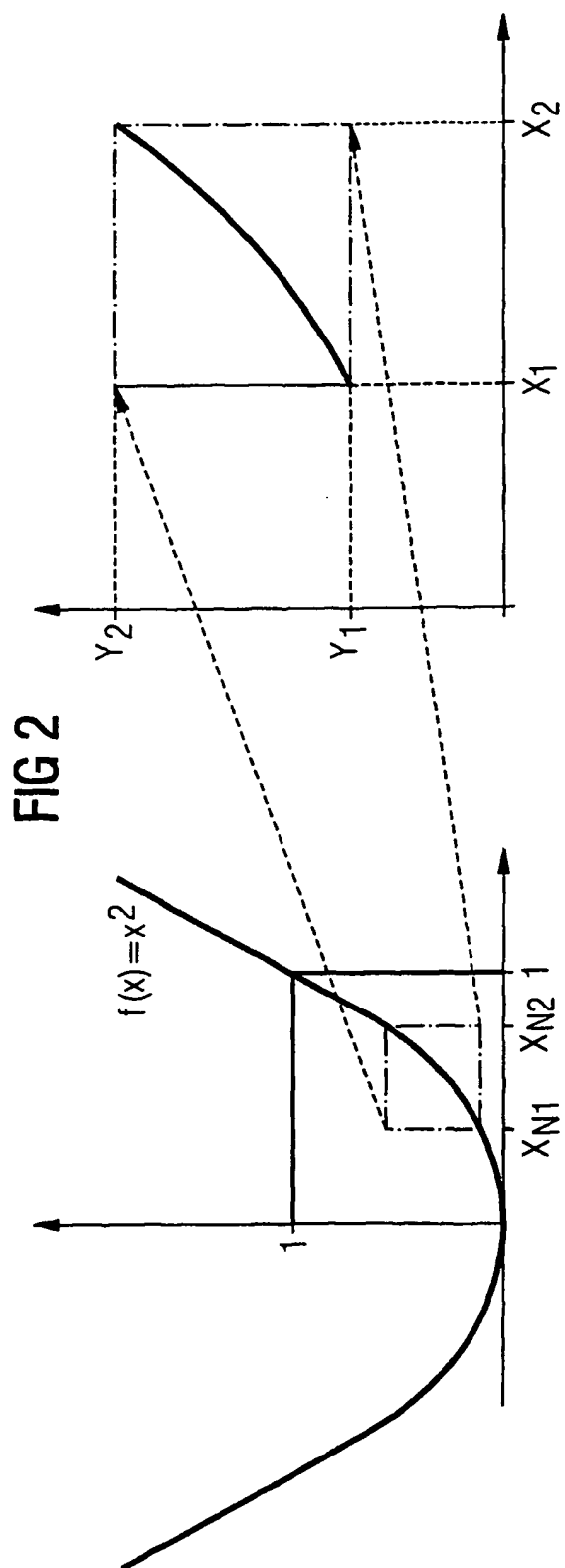
45

50

55

FIG 1







Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 01 12 9880

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE | | | |
|---|---|--|---|
| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7) |
| X | US 5 227 978 A (KATO KIYOTAKA) 13. Juli 1993 (1993-07-13) * Spalte 3, Zeile 4 - Spalte 4, Zeile 40 * ----- | 1,12 | G05B19/18 |
| | | | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) |
| | | | G05B |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt | | | |
| Recherchenort MÜNCHEN | | Abschlußdatum der Recherche 15. Mai 2002 | Prüfer Messelken, M |
| <p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p> | | | |

EPO FORM 1503 03/82 (P4/C03)

